

# Lutte intégrée contre la pyriculariose du riz pluvial à Madagascar

Raveloson Harinjaka<sup>1</sup>, Sester Mathilde<sup>2</sup>

<sup>1</sup>: FOFIFA, URP/SCRiD, BP 230 Antsirabe, Madagascar

<sup>2</sup>: CIRAD, UR SCA, SCRiD, BP 230 Antsirabe, Madagascar.

## Résumé

La pyriculariose, causée par *Magnaporthe oryzae* est la maladie fongique la plus importante et la plus contraignante du riz, en particulier la riziculture pluviale. Cette maladie représente une menace et un frein à la diffusion des systèmes de culture à base de riziculture pluviale à Madagascar. La lutte chimique constitue un des moyens pour contrôler cette maladie. Or, la lutte chimique est à la fois couteuse pour les agriculteurs, engendre des risques pour l'environnement, et entraîne la résistance des souches à ces fongicides. Il est donc indispensable, pour assurer la durabilité de la riziculture pluviale, d'intégrer différentes stratégies de lutte contre la pyriculariose impliquant l'amélioration génétique, la mise au point de stratégies de déploiement des résistances disponibles au niveau des parcelles ou des terroirs ou encore la gestion agronomique des systèmes de culture. Les principales méthodes de lutte contre la pyriculariose est la sélection et l'utilisation de variétés résistantes. Cependant les échecs des variétés résistantes, du fait du contournement des résistances complètes par les populations de l'agent pathogène, sont très nombreux.

L'étude de la variabilité du pouvoir pathogène et de la diversité génétique des populations de *M. oryzae* est un élément essentiel pour améliorer la durabilité des futures variétés et limiter le potentiel d'adaptation du champignon. L'amélioration des systèmes cultureux peut être considérée comme de lutte alternative contre la pyriculariose.

Les résultats des expérimentations qui montrent que l'impact de la pyriculariose est plus faible dans des parcelles cultivées avec un système de culture avec semis direct sous couverture végétale (SCV) que dans les parcelles cultivées plus traditionnellement avec un labour. L'équilibre nutritionnel de la plante joue un grand rôle dans sa sensibilité à la pyriculariose, car une bonne amélioration de la tolérance du riz a été observée dans les parcelles avec sol volcaniques riche (sol de Betafo) par rapport au sol ferrallitique désaturé (sol local d'Andranomanelatra).

La compréhension, l'optimisation et la combinaison de toutes les stratégies de lutte possible dont l'amélioration variétale, l'étude du pouvoir pathogène, la gestion agronomique permettrait d'établir une approche de lutte intégrée accessible aux agriculteurs.

## 1. Introduction

Le champignon *Magnaporthe oryzae* B. C. Couch agent de la plus importante maladie du riz, la pyriculariose. La pyriculariose du riz sur feuilles et panicules est considérée comme la plus grave maladie de cette céréale majeure, en raison de la nature dévastatrice de ses dégâts, de son large spectre de répartition et de l'extension d'un grand nombre de races physiologiques de l'organisme causal (Couch et Kohn, 2002). Cette maladie détruit annuellement entre 10% et 30% de riz cultivés à travers le monde, de quoi nourrir 60 millions de personnes (Sakmnioti

et Gurr, 2009). Le développement des épidémies de la pyriculariose résulte d'interactions complexes entre l'agent pathogène, la plante, et les facteurs environnementales favorables à la maladie. Ainsi, l'importance des recherches conduites depuis quelques années sur ce couple hôte-parasite en ont fait le modèle le plus avancé pour les recherches sur les relations entre une plante et un champignon phytopathogène (Nottéghem, 1998).

Pour faire face à l'importance grandissante du problème de la pyriculariose, différents moyens de lutte implémentés par les chercheurs de l'URP/SCRiD (Unité de Recherche en Partenariat Systèmes de Culture et Rizicultures Durables) ont été conduits, incluant l'utilisation et la gestion des variétés résistantes, la caractérisation de la diversité génétique de la population de *M. oryzae* et la gestion agronomique des systèmes de culture.

## **2. La pyriculariose du riz pluvial à Madagascar**

La pyriculariose est décrite dans tous les pays rizicoles, y compris Madagascar. Comme partout dans ce pays, le riz y constitue l'aliment de base de la population. Au cours des dernières décennies, l'accroissement de la pression démographique (plus de 100 habitants/km<sup>2</sup>) et la saturation des terres inondées destinées à la culture du riz ont conduit la population à étendre l'emprise agricole sur les terres de versant (tanety) et à diversifier son alimentation. Cette emprise se caractérise par des systèmes de cultures stabilisés où maïs, haricot et manioc sont cultivés en rotation, avec intégration croissante de l'élevage. La place du riz pluvial progresse aussi dans ces systèmes de production grâce à la création, à partir du milieu des années 80, de variétés tolérantes au froid par les équipes du FOFIFA (Centre National de la Recherche appliquée au Développement Rural) et du CIRAD (Centre de Coopération Internationale de Recherche Agronomique pour le Développement, remontant la frontière de la culture pluviale de 1300-1400 m à 1800 m d'altitude (Dzido *et al.*, 2004, cité dans Nottéghem *et al.*, 2010).

Toutefois, la base génétique des variétés qui ont permis l'extension de la riziculture à l'agrosystème pluvial d'altitude est très étroite. Une grande partie des variétés diffusées est issue de parents extraits d'une population locale « Latsika », mondialement reconnue comme l'une des plus tolérantes au froid mais très sensible à la pyriculariose qui demeure un problème très important en riziculture pluviale à Madagascar.

Dans les nouvelles écologies conquises par la riziculture pluviale à Madagascar, la pression de cette maladie est forte. En outre, le mode de culture pluvial est particulièrement favorable au développement des épidémies de pyriculariose (Lai *et al.*, 1999).

La lutte chimique constitue un des moyens pour contrôler cette maladie. Or, la lutte chimique n'est réalisable à Madagascar que dans des situations exceptionnelles, étant donné que la majorité des producteurs malgaches n'ont ni les compétences, ni les moyens économiques nécessaires pour pouvoir recourir à des traitements de fongicides. Ensuite, l'utilisation de ces fongicides peut induire des risques environnementaux et d'apparition des souches résistantes à ces produits phytosanitaires (Oh et Lee, 2000).

Il est donc indispensable, pour assurer la durabilité de la riziculture pluviale, d'intégrer différentes stratégies de lutte contre la pyriculariose impliquant l'amélioration génétique, la mise au point de stratégies de déploiement des résistances disponibles au niveau des parcelles ou des terroirs ou encore la gestion agronomique des systèmes de culture (Sester *et al.* 2008, Sester *et al.* 2010).

### **3. L'utilisation et gestion des variétés résistantes**

L'utilisation de variétés résistantes à la pyriculariose est très généralement reconnue comme la méthode de contrôle la plus pratique et la plus économique (Agrios, 2005 ; Suh *et al.*, 2009). C'est vers l'obtention et la création des variétés ayant une résistance durable que s'orientent les efforts des chercheurs et sélectionneurs. La création de variétés résistantes est un élément indispensable pour la protection intégrée contre la pyriculariose. Par conséquent, depuis plusieurs années, la pyriculariose a été prise en compte dans les programmes d'amélioration du riz pluvial mis en place par les sélectionneurs de l'URP/SCRiD. Leur activité consiste à : (i) la caractérisation de la résistance à la pyriculariose des ressources génétiques ; (ii) l'introgression assistée par marqueurs ; (iii) les mélanges variétaux.

Caractérisation de la résistance à la pyriculariose des ressources génétiques : les réactions des variétés de riz lorsqu'elles sont confrontées à un panel de souches du champignon doivent être analysées au cours d'inoculations contrôlés. Ce point de vue doit être complété par une évaluation de la résistance dans des dispositifs au champ. Ce travail permet d'optimiser les combinaisons de géniteurs utilisés dans les croisements contrôlés ou pour la création de nouvelles populations récurrentes dans l'objectif de la résistance à la pyriculariose et de

mieux gérer la diversité des résistances disponibles pour les déployer efficacement et durablement sur le terrain (Raboin *et al.* 2010)

Introgression assistée par marqueurs (pyramidage) : l'introgression de 3 gènes de résistance à la pyriculariose Pi1, Pi2 et Pi33 dans deux variétés particulièrement intéressantes (FOFIFA 152 et FOFIFA 154) a été faite. Il est par ailleurs envisagé d'initier l'introgression d'un 4ème gène (Pita2) dans ces mêmes variétés pour renforcer le système. A l'issue de ce travail, nous allons disposer pour chacune des deux variétés ciblées (F152 et F154) pour l'introgression de Pi1, Pi2, Pi33 d'une série de lignées isogéniques avec 8 combinaisons possibles des résistances (1 combinaison avec les 3 gènes fixés, 3 combinaisons différentes avec 2 gènes fixés, 3 combinaisons différentes avec un seul gène fixé et enfin la variété récurrente sans gène de résistance) pour servir de matériel expérimental dans l'évaluation des mélange de lignées isogéniques (Raboin *et al.* 2010).

Mélanges variétaux: la diversité génétique de la plante hôte semble être un mécanisme efficace pour réduire l'impact des maladies dans les écosystèmes naturels ou dans les systèmes paysans traditionnels où des écotypes très diversifiés sont utilisés (Mundt, 2002). Cette diversité doit pouvoir être mise en œuvre pour contrôler la pyriculariose. Nous nous proposons de vérifier cette hypothèse. Des résultats spectaculaires ont été obtenus récemment à grande échelle en Chine pour le contrôle de la pyriculariose par l'utilisation de mélanges de différentes variétés de riz (Zhu *et al.*, 2000). Nous envisageons donc de vérifier l'efficacité du déploiement de mélanges de différentes variétés de riz en conditions pluviales dans les différents contextes épidémiologiques ciblés. Les mélanges binaires de variétés (résistante /sensible) ont déjà été testés par notre équipe avec des résultats très intéressants sur la réduction de l'impact de la pyriculariose sur la variété sensible (Sester *et al.*, 2008). Ce type de mélange simple pourra être testé en conditions paysannes.

Cependant l'agent pathogène évolue et adapte très vite sur les résistances déployées, donc le succès de l'amélioration variétale dépend largement de la connaissance détaillée de la variabilité du pouvoir pathogène et de la diversité génétique des populations de *M. oryzae*. Des surveillances permanentes des populations du pathogène sont nécessaire pour évaluer la durabilité des gènes de résistance déployés. Une identification rapide des souches les plus agressives et virulentes peut prévoir la dispersion de contournement des résistances (Sakmnioti et Gurr, 2009).

#### **4. Etude de la variabilité du pouvoir pathogène et de la diversité génétique des populations de *M. oryzae***

La connaissance dans chaque région de Madagascar de la variabilité du pouvoir pathogène, de la diversité génétique des populations de *M. oryzae* et de la pression de pyriculariose en fonction des localités, contribue à estimer les risques dus à cette maladie et à définir le type de résistance à déployer. Cette activité permet de constituer une banque de souches de pyriculariose en fonction des régions afin de pouvoir tester en milieu contrôlé la résistance des variétés à une large gamme de souches de la région à laquelle elles sont destinées et poursuivre l'analyse de la diversité génétique des populations de *M. oryzae* pour comprendre les facteurs de l'évolution locale et interrégionale du pathogène.

Pour effectuer cette étude, il est nécessaire de faire de suivis des épidémies de pyriculariose, de collecte, d'isolement et de conservation de souches de *M. oryzae* provenant des différentes écologies du riz pluvial dans le but d'établir une banque de souches de *M. oryzae* spécifique à chaque région.

Des tests de pathogénie en milieu contrôlé et des suivis au champ des variétés différentielles dont leurs gènes de résistance sont connus, doivent être conduits pour élucider la variabilité du pouvoir pathogène.

Des méthodes moléculaires existent également pour caractériser les diversités génétiques de populations de *M. oryzae* (Park *et al.*, 2008 ; Sakmnioti et Gurr, 2009).

D'après Guerber et TeBeest (2006), les principales sources d'inoculum primaire pour la pyriculariose sont la présence de résidus du riz infectés et des semences infestées par la maladie. Par conséquent, l'identification des sources d'inoculum peut aider à réduire l'incidence et la sévérité de la maladie. C'est pour cette raison qu'un test pour mesurer le potentiel infectieux de pailles de riz laissés au champ a été conduit. Des pailles infestées par la pyriculariose ont été prélevées à la récolte sur des variétés sensibles dans les différents dispositifs d'Andranomanelatra. Après séchage à l'ombre pendant 2 semaines, des lots (20 cous/lot) ont été placés dans des parcelles à trois emplacements différents : dans le sol (10 cm de profondeur), sous la couverture et sur la couverture. Ces lots sont ensuite analysés régulièrement au laboratoire pour tester leur capacité à produire des spores. Le premier test sur l'évaluation de survie de mycélium de *M. oryzae* sur les pailles infestées de riz a montré

des résultats sur la capacité des pailles infectées de riz placées sur et sous la couverture à produire des spores.

## **5. La gestion agronomique des systèmes de culture.**

Les systèmes de culture sous couverture végétale (SCV) ont été mis au point et diffusés à Madagascar depuis les années 1990 pour lutter contre l'érosion et pour améliorer les propriétés physicochimiques et biologiques du sol.

### *Effet des systèmes de culture sur la pyriculariose.*

Plusieurs dispositifs doivent être mis en place pour montrer les interactions possibles entre les systèmes de culture et les épidémies de la pyriculariose du riz pluvial. Des suivis épidémiologiques de la pyriculariose doivent être réalisés sur des systèmes de culture conventionnels basés sur le labour à des systèmes utilisant les semis direct sur couverture végétale (SCV).

L'étude de l'effet des associations de culture en labour et en SCV a montré qu'en moyenne, la pyriculariose est plus forte en labour qu'en SCV (Sester, 2008).

### *Effet du sol sur la sensibilité de la plante.*

L'équilibre nutritionnel de la plante joue un grand rôle dans sa sensibilité à la maladie (Dordas, 2008). Un dispositif consiste à tester différents types de sols (sol volcanique riche de Betafo vs sol ferrallitique désaturé d'Andranomanelatra).

Pour l'effet du sol sur l'épidémie de la pyriculariose, une bonne amélioration de la tolérance du riz dans les parcelles avec un sol volcanique tel que le sol rapporté de la région de Betafo bien qu'elle soit surtout très marquée pour la pyriculariose foliaire. Sur les panicules, elle a été relativement forte mais plus tardive sur sol de Betafo que sur le témoin ce qui a permis un bien meilleur rendement (Sester, 2010).

La gestion agronomique des systèmes de culture a sans doute des impacts sur la pyriculariose. Les résultats des expérimentations qui ont été menées sur des différents dispositifs montrent que l'impact de la pyriculariose est plus faible dans des parcelles cultivées avec un système de culture avec semis direct sous couverture végétale (SCV) que dans les parcelles cultivées plus traditionnellement avec un labour.

Les résultats obtenus dans différents dispositifs (l'effet des systèmes de culture, l'effet de la nutrition des plantes) sont encourageants et apportent de grands espoirs pour l'amélioration de la protection des cultures. Il faut noter que l'efficacité de ces gestions agronomiques dépend essentiellement des systèmes de culture mis en place, du niveau de la résistance des variétés utilisées et enfin du niveau de la pression de la pyriculariose. Donc, la compréhension des mécanismes impliqués dans l'effet suppressif des gestions agronomiques sur la pyriculariose est indispensable pour l'optimisation de ces stratégies de lutte contre la pyriculariose. C'est l'un des objectifs de projet GARP (Gestion Agronomique de la Résistance du riz à la Pyriculariose): de mesurer l'effet des systèmes de culture sur la sensibilité à la pyriculariose en fonction de la nutrition azotée du riz pluvial.

## 6. Conclusion

La pyriculariose est une menace permanente pour la production du riz. La création des variétés résistantes à cette maladie est le moyen le plus efficace, économique et respectueux de l'environnement pour lutter contre la pyriculariose. Cependant l'agent pathogène évolue et adapte très vite sur les résistances déployées, donc le succès de l'amélioration variétale dépend largement de la connaissance détaillée de la variabilité du pouvoir pathogène et de la diversité génétique des populations de *M. oryzae*. De plus pour remplacer la lutte chimique des solutions techniques qui peuvent réduire la pyriculariose devront être proposées pour les agriculteurs qui n'ont pas les moyens de traiter la pyriculariose par des fongicides. Les conduites agronomiques ont d'impact sur l'épidémie de la pyriculariose en particulier l'implémentation des systèmes SCV. La compréhension, l'optimisation et la combinaison de toutes les stratégies de lutte possible dont l'amélioration variétale, l'étude des pouvoirs pathogènes, la gestion agronomique permettraient d'établir une approche de lutte intégrée accessible aux agriculteurs.

## 7. References

- Agrios G.N. 2005. Plant diseases caused by fungi (Plant Pathology), Elsevier Academic press. pp: 386-593.
- Couch, B. C. and Kohn, L. M. 2002. A multilocus gene genealogy concordant with host preference indicates segregation of a new species, *Magnaporthe oryzae*, from *M. grisea*. *Mycologia* 94, 683-693.
- Dordas, C. 2008. Role of nutrients in controlling plant disease in sustainable agriculture A review., *Agronomy for sustainable development*. 28: 33-46.

- Guerber, C., and TeBeest, D. O. 2006. Infection of rice seed grown in Arkansas by *Pyricularia grisea* and transmission to seedlings in the field. *Plant Disease*. 90:170-176.
- Lai, X. H., Marchetti, M. A., and Petersen, H. D. 1999. Comparative slow-blasting in rice grown under upland and flooded blast nursery culture. *Plant Disease*. 83:681-684.
- Mundt, C. C. 2002. Use of multiline cultivars and cultivar mixtures for disease management. *Annual Review Phytopathology* 40:381-410.
- Nottéghem, J.L. 1998. Intégration de stratégies d'amélioration de la résistance du riz à la pyriculariose (*Magnaporthe grisea*) dans les nouveaux programmes de création variétale. CIAT, 120-121.
- Nottéghem J.L., Ballini E., Bouzinac S., Breseghello F., Cobucci T, Chabanne A., Dusserre J., Michellon R., Morel J.B., Raboin L.M., Ramanantsoanirina A., Séguy L., Sester M., Taillebois J., Tharreau D., Valès M. (2010). « GARP» Gestion Agronomique de la Résistance à la Pyriculariose. 8ème rencontres de Phytopathologie-Mycologie. Société Française de Phytopathologie. Aussois, Savoie. 25-29 janvier 2010.
- Oh, H.-S., and Lee, Y.-H. 2000. A target specific screening system for antifungal compounds on appressorium formation in *Magnaporthe grisea*. *Phytopathology* 90: 1162-1168.
- Park, S.-Y., Milgroom, M. G., Han, S. S., Kang, S., and Lee, Y.-H. 2008. Genetic differentiation of *Magnaporthe oryzae* populations from scouting plots and commercial rice fields in Korea. *Phytopathology* 98:436-442.
- Raboin L. M., Ramanantsoanirina A., Dzido J. L., Andriantsimialona D., Tharreau D., Radanielina T., Ahmadi N. 2010. Upland (aerobic) rice breeding for the harsh environment of the High Plateau of Madagascar Communication au congrès Africa Rice. 15pp.
- Sakmnioti, P. and Gurr, S. J. 2009. Against the grain: safeguarding rice from rice blast disease. *Trends in Biotechnology* 27 (3), 141-150.
- Sester M., Raboin L.M., Ramanantsoanirina A., Tharreau D. (2008). Toward an integrated strategy to limit blast disease in upland rice. Endure international conference 2008. Diversifying crop protection. 12-15 October 2008. La Grande Motte, France. 4p.
- Sester M. , Raveloson H., Michellon R., Dusserre J., Tharreau D. (2010). Cropping system to limit blast disease in upland rice (oral presentation). 5<sup>th</sup> International Rice Blast Conference. Little Rock, Arkansas USA, August 12-14, 2010.
- Suh, J. P., Roh, J. H., Cho, Y. C., Han, S. S., Kim, Y. G., and Jena, K. K. 2009. The *Pi40* gene for durable resistance to rice blast and molecular analysis of *Pi40*-advanced backcross breeding lines. *Phytopathology* 99:243-250.
- Zhu Y, Chen H, Fan J, Wang Y, Li Y, et al. (2000). Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 406:718– 722.